



TITLE:

光環境調節によるステビア甘味成分の向上に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

米田, 有希

CITATION:

米田, 有希. 光環境調節によるステビア甘味成分の向上に関する研究. 京都大学, 2018, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2018-03-26

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21146>

RIGHT:

1) Yoneda, Y., Shimizu, H., Nakashima, H., Miyasaka, J., Ohdoi, K., 2017. Effect of Treatment with Gibberellin, Gibberellin Biosynthesis Inhibitor, and Auxin on Steviol Glycoside Content in *Stevia rebaudiana* Bertoni. Sugar Tech, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12355-017-0561-3>; 2) Yoneda, Y., Nakashima, H., Miyasaka, J., Ohdoi, K., Shimizu, H., 2017. Impact of blue, red, and far-red light treatments on gene expression and steviol glycoside accumulation in *Stevia rebaudiana*. Phytochemistry, 137, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2017.02.002>; 3) Yoneda, Y., Shimizu, H., Nakashima, H., Miyasaka, J., Ohdoi, K., 2017. Effects of light intensity and photoperiod on improving steviol glycosides content in *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni while conserving light energy consumption. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.02.002> ...

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	米田 有希
論文題目	光環境調節によるステビア甘味成分の向上に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>人工光型植物工場（以下、植物工場）は、閉鎖空間で植物栽培に必要な環境パラメータを調節することで、植物にとって最適な環境のもとで無農薬・周年栽培が可能な新しい食料生産システムとして注目されている。一方で、栽培環境を自由に設定できることから、特定の二次代謝産物を高く含有するなど、露地では栽培できない高付加価値野菜を生産できる発展性を有している。そこで、本論文では、天然甘味植物であるステビアを対象として、その甘味成分を環境刺激によって向上させることを目的とした。ステビアの葉はショ糖の約200～400倍の甘味を呈し、少量で甘く感じられることから低カロリーで糖尿病の食事療法にも利用されている有用なキク科の天然甘味植物であり、抗インスリン抵抗性、インスリン分泌促進、抗高血圧、抗肥満などの薬理効果も報告されている。本研究では、ステビアの甘味成分向上のため、甘味成分であるステビオール配糖体（SGs）の生合成経路に着目し、さまざまな外部刺激によるSGs関連遺伝子の発現への影響、形態的な変化、SGs生合成量への効果について検討を行った。</p> <p>本論文は全6章で構成され、第1章では植物工場についての特徴と課題について説明し、供試植物にステビアを選択し植物工場内で改良する意義と、本論文の目的について示した。</p> <p>第2章ではステビアについての概要と、これまでの外部刺激によるSGs生合成量への影響に関する既往の研究について、刺激の種類別に解説した。</p> <p>第3章では、SGsと部分的に生合成経路を分かち合っている植物ホルモンの1つであるジベレリン(GA) が、SGs量に影響を与えるのではないかと仮説を立て検証を行ない、直接的な外生GA処理によってSGs生合成量が増加することを明らかにした。これは、生体内の活性GA量が決まっており、恒常性を保つために負のフィードバック作用が外生GA処理によって引き起こされたことが原因であり、SGsは活性GA量を一定量に保つための不活性化機構の1つとして量が増加した可能性を見出した。また、GA生合成経路を阻害するダミノジッド（DAM）処理を行ったところ、SGs量はこの処理でも上昇することを確認した。DAMによって、活性GAが生合成されない環境は、活性GA量の一定量の維持ができないことになり、グルコースがGA生合成経路へとさらに移行し、結果同一経路を部分的に分かち合う二次代謝産物であるSGs量も付随的に増加する可能性を示した。</p> <p>第4章では、前章によりGA量に変化を与えることがSGs量にも影響を与えたことを踏まえ、GA生合成を促進する低R/FR条件や、生合成を阻害する青色光条件区を設定し栽培試験を実施してSGs生合成量への効果を検証し、R/FR 1.22 条件区と青色光条件区でSGs量が増加することを示した。本実験で効果が認められたR/FR 1.22 条件は自然界において日中の光環境とほぼ同等であり、自然界においては避陰反応が誘導されるような光環境ではないが、葉面積の減少、茎の伸長という避陰反応と類似した形態変化を示した。また、ステビアにおいてはR/FR 1.22条件においても避陰反応に似た反応が起こりGA生合成が促され、SGs量に変化が起こることを示した。青色光に関しては、青色光受容体であるクリプトクロムがGAの不活性化に関わる酵素遺伝子の制御に関与し、GAの不活性化に関係することが知られている。このことは第3章のDAM処理と類似して、活性GA量が維持できないため生合成が常に行われ、ent-カウレン酸（ent-kaurenoic acid）まで同一経路上のSGs量も同時に増加したのではないかと予想できる。特に青色光処理は対照区である蛍光灯よりも有意に茎長が抑制されたため、多段式の植物工場での栽培に適した形態を呈することを示した。これまでステビアの</p>			

光質の研究では赤色光で効果がある事が示唆されていたが、本実験において初めて赤色光を混合したR/FR比1.22が効果的であるという詳細なデータを提示した。青色光に関しては、ステビアにおいて研究報告はないが、GA生合成を抑制するという部分に着目し検討を行ない、SGs量にも効果があることを本実験で初めて示した。

第5章では光強度や照射パターンの検討を行った。光強度、日長の詳細な検討を行い、さらに日積算光量（daily light integral ; DLI）がより小さくできる光中断（night interruption ; NI）処理や、これまでステビアで行われたことがないend-of-day (EOD) 処理を行って最適な光環境の解析を行った。8 h 明期の4 h 連続暗期を中断させるNI-FL 50条件区で効果があり、これまでにステビア栽培で最適とされている16 h 明期と比べると3/5のDLIで、SGs量が約4.5倍も上昇することを明らかにした。つまりNI-FL 50 条件区において投入電力エネルギーを最小限に抑えながらSGs量が得られることを示した。EOD実験に関しては、遠赤色光を明期終了時に15分間だけ照射したEOD-FR 15 min 条件区で16 h 条件区に比べてSGs量に対する効果があることを明らかにした。この光条件は16 h 条件区とDLIがほぼ同じであるにもかかわらず、SGs生合成量が約3.3倍向上することを示し、EOD-FR処理が、ステビアのSGs量の向上に効果があることを初めて明らかにした。

第6章では第3章から第5章までの実験結果を要約し、本研究がステビア研究に寄与する点について総括するとともに、今後の展開について言及した。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3、000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1、100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2、000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

次世代の食料生産システムである植物工場は、栽培環境を自由に設定できることから露地では栽培できない高付加価値な植物の生産が可能である。本論文では、天然甘味植物であるステビアの甘味成分、ステビオール配糖体 (SGs) の生合成経路に着目し、さまざまな外部刺激によるSGs関連遺伝子の発現への影響、形態的な変化、SGs生合成量への効果について検討を行ない、環境刺激によりSGs生合成量を向上させるための新たな知見を得たものである。本論文の評価できる点は以下のとおりである。

1. SGsと生合成経路を部分的に共有しているジベレリン (GA)に対する外生GA処理、GA生合成阻害剤、オーキシシン処理が、SGs関連遺伝子発現量とSGs量を促進することを明らかにした。
2. GA生合成に影響を与えることが知られているフィトクロムに作用する光質である赤色光と遠赤色光の比率がR/FR 1.22という条件と、青色光のみという光条件において、対照区としている蛍光灯に比べSGs量およびSGs関連遺伝子の発現量が向上することを示した。
3. SGs関連遺伝子群の相関性に着目し、その中でもUGT85C2の発現量の変化がSGs生合成量の指標として重要であることを示し、遺伝子解析から最適環境刺激を選抜することによって露地栽培に比べ栽培期間を約4分の1に短縮することに成功した。
4. SGs量の向上が確認できた環境刺激の中でもGA処理、GA阻害剤、オーキシシン処理、青色光LED条件や、EOD条件に関しては、steviosideよりもさらに甘味が強く、また苦みが少ないため商業価値が高いとされるrebaudioside-Aの方が多くなることを示した。

以上のように、本論文は環境刺激によってステビアの甘味成分の生合成を促進する手法を開発し、そのメカニズムの一部を明らかにするとともに、人工環境のもとで高付加価値野菜を生産する新たな知見を提供するものであり、農業システム工学、生物センシング工学、植物環境調節学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成30年2月13日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）